

UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA AVALIAR A PERDA DE UMIDADE DURANTE O ARMAZENAMENTO DE GRÃOS EM UMA COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL

LÍVIA MARIA GOMIERO D' IMBÉRIO

PROF. ME. ANA CARLA FERNANDES GASQUES (Orientadora)

Resumo

As cooperativas agroindustriais desempenham um importante papel econômico e social no país, principalmente por representarem uma possibilidade de agregação de valor à produção rural. Diante da alta competitividade do mercado, muitas empresas têm buscado programas de melhoria contínua para maximizar seus processos. Neste contexto, o presente trabalho possui como objetivo avaliar a perda de umidade no milho durante o armazenamento em uma cooperativa agroindustrial por meio da metodologia DMAIC. Para tal, a metodologia é classificada como um estudo de caso, de natureza pesquisa aplicada com abordagem quantitativa e pesquisa exploratória. Primeiramente elaborou-se o Project Charter para delimitação do problema e desenvolvimento do escopo do projeto, a partir disso foi possível levantar os dados históricos do processo e realizar o mapeamento macro por meio do SIPOC. As possíveis causas para a perda de umidade em grãos foram levantadas a partir do Diagrama de causa e efeito e aplicou-se a Matriz para priorizar as causas levantadas. Dessa forma, foi possível identificar as oportunidades de melhoria no processo e aplicar a ferramenta FMEA para evidenciar as possíveis falhas e riscos do novo processo. Por fim, realizou-se o planejamento do piloto e foi proposto um plano de coleta de dados para acompanhar o desempenho do novo processo. Com base nos resultados obtidos foi possível identificar a principal causa da perda de umidade no milho durante o armazenamento na cooperativa e propor melhorias para reverter este cenário.

Palavras-chave: *Lean Seis Sigma; Perda de umidade em grãos; Ferramentas da Qualidade; Armazenamento de grãos; DMAIC.*

1. Introdução

As *commodities* possuem grande importância econômica para o Brasil, sendo a soja e o milho as principais culturas produzidas no país. Segundo o relatório *State of Commodity Dependence* apresentado na Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD, 2016), a participação das *commodities* no total de mercadorias exportadas pelo Brasil se manteve em um índice de 63%, sendo o país classificado como uma economia dependente de bens primários. Para a safra 2017/2018, a produção estimada é de 227,95 milhões de toneladas de grãos, segundo o boletim da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018).

Um fator importante na produção das *commodities* é a preservação da qualidade física, fisiológica e microbiológica dos grãos após a colheita. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as perdas anuais em grãos armazenados chegam a 10% do total produzido anualmente no país (MAPA, 2014). Essas perdas são ocasionadas por pragas, presença de fragmentos de insetos, deterioração da massa de grãos, presença de vestígios de inseticidas, que levam a dificuldades na exportação dos grãos ou subprodutos alimentares, além do risco para a saúde da sociedade. Normalmente, alguns desses problemas poderiam ser evitados com a armazenagem adequada (LORINI, 2015).

Neste cenário de perdas na cadeia produtiva e com o setor agroindustrial cada vez mais competitivo, as empresas estão buscando novas estratégias para aumento de produtividade e maximização dos lucros. Para isso, muitas empresas têm buscado programas de melhoria contínua para solucionar problemas complexos no processo (MAXIMIANO, 2011).

Segundo Werkema (2012), o programa de melhoria *Lean Seis Sigma* passou a ser considerado a metodologia da qualidade para o século 21 sendo que o sucesso dessa metodologia se deve a divulgação dos ganhos alcançados pelas empresas que implementaram o programa em sua rotina. Este programa consiste em uma estratégia gerencial de melhoria, altamente quantitativa que foca no aumento do lucro econômico através do aumento de vendas, aumento do rendimento, eliminação de falhas e defeitos e aumento da velocidade dos processos. Quando aplicado corretamente, ele assegura produtos e serviços confiáveis de maior qualidade, redução de custos e satisfação das necessidades dos clientes (DOMENECH, 2017).

Diante do exposto, esta pesquisa foi desenvolvida em uma cooperativa agroindustrial, atuante no mercado há 55 anos, presente em vários municípios por meio de mais de 60 unidades operacionais localizadas no norte e noroeste do Paraná, oeste paulista e sudoeste do Mato Grosso do Sul. Na última safra da cooperativa em questão (2017/2018), notou-se a oportunidade de melhorar a qualidade dos grãos armazenados para venda, pelo fato da umidade de embarque de algumas unidades da cooperativa estar abaixo da porcentagem de 14%, regulamentada pelo mercado o que acarretou em uma alta quebra técnica para a empresa, ou seja, a quantidade de grãos embarcada pela cooperativa foi menor do que a quantidade recebida pela mesma.

O presente trabalho possui como objetivo geral avaliar a perda de umidade no milho durante o armazenamento em uma cooperativa agroindustrial por meio da metodologia DMAIC. Como objetivos específicos, têm-se: levantar as causas da perda de umidade; analisar as causas identificadas; identificar as oportunidades de redução das perdas por umidade;

levantar riscos do novo processo; e, elaborar um plano de coleta de dados para controle e monitoramento.

Assim sendo, este artigo subdivide-se em 6 seções. A primeira, introdução, apresenta a contextualização do trabalho bem como o problema em questão, justificativa e objetivos. A segunda seção, revisão da bibliografia, aborda os principais assuntos relacionados ao tema proposto. Na terceira seção tem-se a metodologia, apresentando a classificação da pesquisa e a estruturação do trabalho.

Na quarta seção, desenvolvimento, são introduzidos os resultados do estudo por meio do DMAIC. A quinta seção, conclusão, apresentou-se um resumo de todos os resultados no decorrer do trabalho. E por fim, são apresentadas as referências utilizadas e os apêndices elaborados.

2. Revisão da bibliografia

Neste tópico são apresentadas as definições dos conceitos de *Lean Seis Sigma*, metodologia DMAIC e suas ferramentas, bem como abordada a produção agrícola brasileira, com o intuito de dar suporte ao desenvolvimento do trabalho.

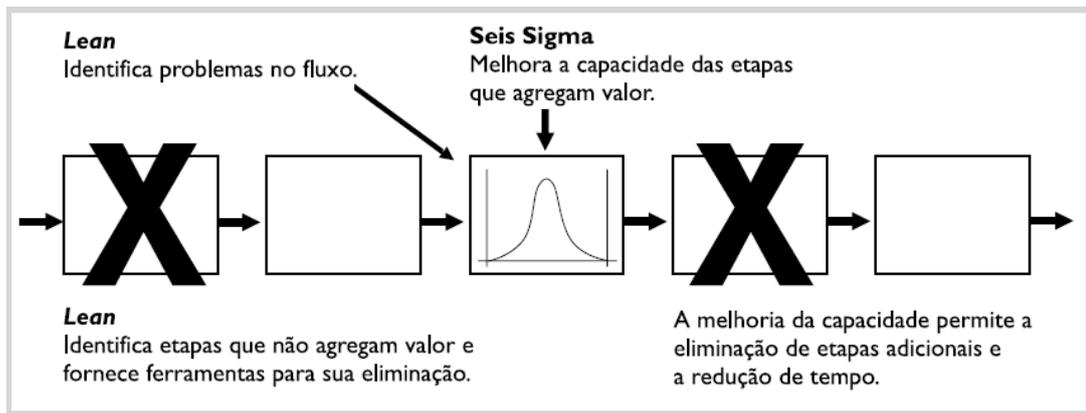
2.1 *Lean Seis Sigma*

O *Lean* envolve questões abrangentes do processo como corrigir processos chaves lentos, diminuir tempo, esforços e materiais que estão sendo perdidos, otimizar recursos escassos, eliminar os gargalos dos processos que reduzem a produtividade (ECKES, 2003). A criação e implantação desse sistema de produção se iniciou na década de 1950 e o principal foco era o levantamento e eliminação de desperdícios, buscando reduzir custos e aumentar a velocidade de entrega dos produtos ou processos aos clientes (WERKEMA, 2012).

Segundo Werkema (2011), o Seis Sigma pode ser definido como uma estratégia gerencial que busca aumentar drasticamente os lucros da empresa, através da melhoria contínua dos processos e da redução da variabilidade. Tem por enfoque questões complexas do processo de uma empresa e deve ser utilizado quando serviços falhos atingem o cliente constantemente, melhorias não conseguem se manter, não se conhecem as causas raízes do problema, inspeção e retrabalho são atividades rotineiras e quando deseja-se otimizar a produtividade e a qualidade do produto ou processo com investimento mínimo (GEORGE, 2003).

A união do *Lean Manufacturing* com o Seis Sigma (Figura 1) permite reduzir a variabilidade dos resultados ao mesmo tempo em que aumenta a velocidade dos processos. Através da metodologia, pode-se obter produtos confiáveis de melhor qualidade, reduzir custos, diminuir *lead time* e atender as necessidades dos clientes (WERKEMA, 2012).

Figura 1 - Integração do Seis Sigma e do *Lean Manufacturing* no processo



Fonte: Adaptado de Werkema (2011).

Analisando a Figura 1, nota-se que a identificação e eliminação das atividades que não agregam valor correspondem ao *Lean Manufacturing*, e resultam em um processo com maior agilidade. Em seguida é inserido o Seis Sigma cuja ênfase está na diminuição da variabilidade do processo, melhorando a capacidade das etapas que agregam valor.

Segundo Andrietta e Miguel (2007), o programa Seis Sigma se baseia em projetos, que utilizam a metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar) como forma de organização da implementação, desenvolvimento e conclusão dos projetos. Os projetos são conduzidos por equipes lideradas pelos especialistas do Seis Sigma (*Black Belts* ou *Green Belts*).

2.2 Metodologia DMAIC

Segundo Werkema (2011), a metodologia DMAIC (Figura 2) é composta por várias ferramentas que, ao serem integradas, se transformam em um método sistemático que se baseia em dados e recursos estatísticos na busca por resultados estratégicos na empresa.

Figura 2 - Etapas do ciclo DMAIC



Fonte: Adaptado de Carpinetti (2016).

Conforme observa-se na Figura 2, a estrutura do ciclo DMAIC é constituída por cinco etapas: Definir, definição e delimitação do escopo do projeto; Medir, levantamento de dados históricos e direcionamento das causas raízes; Analisar, priorização das causas raízes; Implementar, implantação das soluções para os problemas levantados; e a etapa Controlar, garantir a estabilidade do processo e o atingimento da meta definida no início (CARPINETTI, 2016).

De acordo com Cleto e Quinteiro (2011) as vantagens de utilizar a metodologia DMAIC são a utilização de técnicas estatísticas para verificar os fatos e a formulação do problema a ser resolvido. Essa metodologia é utilizada para projetos que possuam um problema com solução desconhecida e ainda, deve possuir objetivos mensuráveis por meio de indicadores de desempenho com o intuito de validar os resultados uma vez que o problema for solucionado.

Outro elemento da estrutura do ciclo DMAIC é a formação de equipes para a execução dos projetos, formadas por especialistas do processo e da metodologia *Lean Seis Sigma*. Essas equipes são formadas por especialistas treinados, chamados de *Belts* (WERKEMA, 2011). Cada *Belt* possui seu papel e responsabilidade dentro do projeto, disposto em hierarquia conforme a Figura 3.

Figura 3 - Hierarquia dos Belts



Fonte: Adaptado de Werkema (2011).

De acordo com Werkema (2011) e a partir do exposto na Figura 3, a nível estratégico têm-se o *Sponsor*, patrocinador do projeto, é responsável por promover e definir as diretrizes para implementação do Seis Sigma. Garantindo, assim, o alinhamento com o planejamento estratégico da empresa.

Abaixo dele está o *Champion*, também conhecido como “dono” do processo, é responsável por direcionar os integrantes do grupo e quebrar barreiras organizacionais. Para direcionar tecnicamente a equipe, têm-se o *Master Black Belt*, profissional que possui o maior conhecimento técnico e organizacional do programa, atua como consultor de todos os projetos Lean Seis Sigma da organização (ECKES, 2003).

O *Black Belt* é quem lidera a equipe, além de serem treinadores e mentores dos *Green Belts*. Estes últimos são experientes no uso das ferramentas e devem incentivar a equipe a se manter focada. Os *Yellow Belts* dão suporte aos *Green Belts* e ajudam na execução de algumas ferramentas. Por fim, têm-se os especialistas que trazem conhecimento técnico do processo estudado (WERKEMA, 2011).

A identificação e seleção de pessoas capacitadas a aplicar e difundir os conceitos para resolução de problemas, consiste em uma etapa essencial para a implementação da metodologia DMAIC e para o sucesso dos projetos na organização (SANTOS, 2006).

2.3 Ferramentas utilizadas no DMAIC

As ferramentas da qualidade são técnicas que possuem o intuito de medir, analisar e propor soluções para problemas que afetam o bom desempenho de um processo de trabalho (LEITE, 2013). O principal objetivo das ferramentas da qualidade, de acordo com Carpinetti

(2016), é auxiliar o processo de melhoria contínua em uma organização, ou seja, identificar as principais causas de um problema, analisar a situação visando eliminar ou minimizar esta causa, implementar e verificar os resultados.

Para auxiliar no planejamento e implementação das ações de melhoria foram criadas várias ferramentas com a finalidade de facilitar a manipulação e análise de informações quantitativas e qualitativas de um processo. A execução da maior parte dessas ferramentas é realizada pelo levantamento de ideias e opiniões feito pela equipe do projeto, também conhecido como *brainstorming* (CARPINETTI, 2016).

Neste estudo foram utilizadas algumas ferramentas da qualidade para auxílio no levantamento das principais causas das perdas durante o armazenamento, as quais serão abordadas em seguida: *Project Charter*, Diagrama SIPOC, Diagrama de causa e efeito, Matriz de causa e efeito, Gráfico de Pareto e FMEA.

2.3.1 *Project Charter*

O *Project Charter* ou Estrutura do Projeto (Figura 4) é a etapa chave para o sucesso do projeto, consiste em um documento que esclarece os objetivos e expectativas da equipe, servindo como orientação no desenrolar do projeto (GEORGE, 2003). Segundo Paula (2017) os objetivos do *Charter* são: introduzir o que se espera em relação à equipe do projeto, alinhar a equipe com os objetivos prioritários da empresa, formalizar o projeto entre os gestores e a equipe, e manter a equipe dentro do escopo delimitado para o projeto.

É um documento que pode ser revisado durante o projeto e traz em resumo as seguintes informações: o escopo, especificando o departamento onde será trabalhado; ligação do projeto com a estratégia da empresa, detalha a ligação com o planejamento estratégico; oportunidades e problemas, apontam a necessidade do projeto; e metas e objetivos do projeto, onde se pretende chegar. Também evidencia dados básicos como: o título do projeto; a equipe, com a dedicação e responsabilidades; o cronograma, de forma macro com as etapas do DMAIC; e os recursos requeridos, com as necessidades financeiras ou não durante o projeto (WERKEMA, 2011).

Figura 4 – Modelo para *Project Charter*

Projeto Lean Six Sigma: Nome do Projeto			
Produto/ Serviço		Retorno projeto (US\$/ano)	
Belt líder		Departamento/Setor	
Patrocinador		Dono do processo	
Champion		Data inicial	
MBB		Data final	

Informação	Explicação	Descrição	
1. Caso de negócio	Ligação do projeto com a estratégia da empresa		
2. Oportunidades	Quais são as oportunidades do projeto?		
3. Meta Atualizada	Qual é a meta do projeto?		
Data da última atualização: xx/xx/xxxx		Meta	
		Limite Superior de Especificação	
		Limite Inferior de Especificação	
4. Escopo do projeto	Processos que serão afetados pelo projeto. Começo e fim do processo fundamental		
5. Membros da equipe	Nome, área e dedicação dos participantes da equipe		
5.1. Especialistas	Nome e área dos especialistas que auxiliarão no projeto		
6. Benefícios para clientes externos	Mencione os clientes finais e os indicadores chaves e benefícios que serão percebidos		
7. Agenda	Etapas do DMAIC	Início planejado	Início real
	Definir		
	Medir		
	Analisar		
	Melhorar		
	Controlar		
8. Recursos requeridos	Há alguma habilidade, equipamento, sistema, etc. que seja necessário?		
9. Responsáveis	Quem são as pessoas chaves que devem validar o projeto?	Black Belt:	
		Champion:	
		Finanças:	
10. Baseline	Mostre com dados os valores da métrica utilizada para calcular o Baseline e a Meta do projeto.		
Data da última atualização: xx/xx/xxxx	Insira o gráfico ao lado e mantenha atualizado a cada etapa.		
11. Ganhos do Projeto	Mantenha atualizado nesta área os ganhos do projeto validados.		
Data da última atualização: xx/xx/xxxx	Faça um memorial descritivo da forma de cálculo dos ganhos financeiros do projeto.		

Fonte: Adaptado de Domenech (2017).

A figura 4 apresenta um modelo de *Project Charter* a ser utilizado em um projeto *Lean Seis Sigma*, neste documento estão descritas todas as informações necessárias para o desenvolvimento do projeto tais como: responsáveis pelo projeto, oportunidades encontradas,

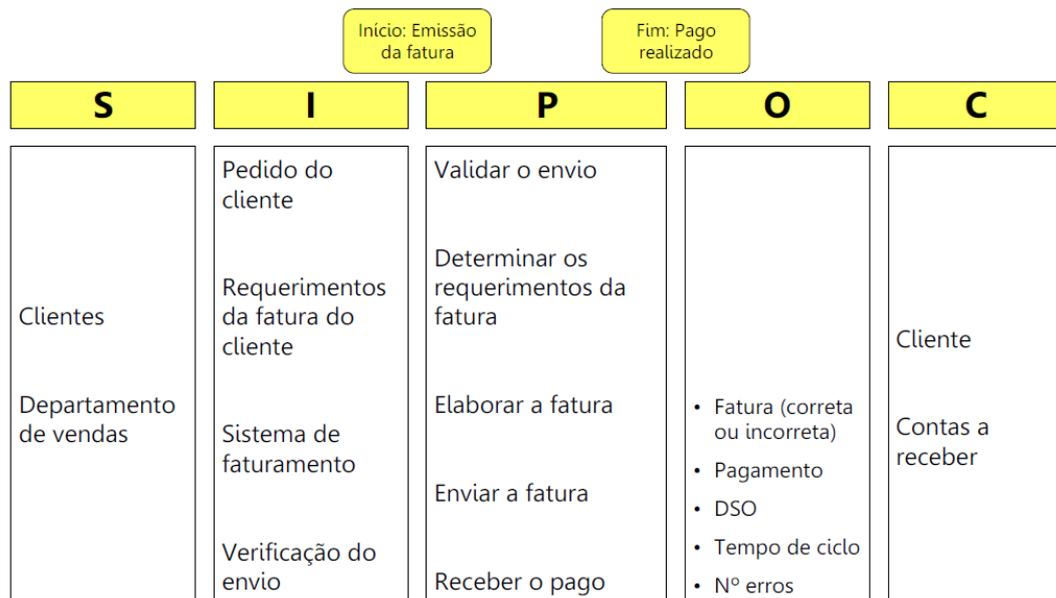
a meta original e a atualizada, escopo do projeto e os recursos que serão necessários para o desenvolvimento do mesmo.

2.3.2 Diagrama SIPOC

O SIPOC é um mapa do processo onde identifica-se os fornecedores (*Suppliers*), as entradas (*Inputs*), o processo (*Process*), as saídas (*Outputs*) e os clientes (*Customers*). Sua principal função é definir o principal processo envolvido no projeto, assim como fornecer uma visualização macro do escopo do projeto (WERKEMA, 2012). Montgomery (2008) define o SIPOC como um mapa de alto nível do processo, sendo o mesmo um meio efetivo para a fácil compreensão e visualização do processo a ser estudado.

Ainda de acordo com Montgomery (2008), o Mapa SIPOC (Figura 5) consiste em mapear um ou mais processos de forma macro, ou seja, trazer uma visão geral do processo para a equipe.

Figura 5 – Exemplo de Mapa SIPOC



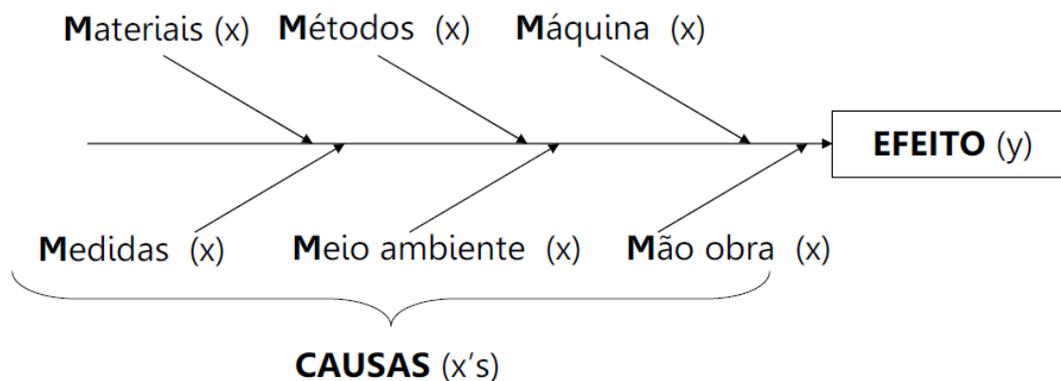
Fonte: Adaptado de Domenech (2017).

Os passos para a construção do mapa devem ser executados na seguinte ordem: definir o processo que será mapeado; estabelecer os pontos de início e fim do processo; dividir o processo em 4-7 passos; determinar as saídas e os clientes do processo; e determinar as entradas e seus respectivos fornecedores (DOMENECH, 2017). As informações devem ser alocadas em suas colunas correspondentes, conforme a Figura 5, e a partir disso identificar visualmente os principais envolvidos no processo produtivo.

2.3.3 Diagrama de causa e efeito

O Diagrama de causa e efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou “espinha de peixe” (Figura 6), foi desenvolvido para representar as relações existentes entre um efeito indesejável de um processo e as possíveis causas que acarretam este efeito. A construção desse diagrama ilustra as diversas causas que levam a um problema e o mesmo deve ser realizado pelo maior número possível de pessoas envolvidas no processo onde se encontra o problema (CARPINETTI, 2016).

Figura 6 – Estrutura básica do Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: Adaptado de Carpinetti (2016).

A Figura 6 apresenta a estrutura básica de um diagrama de causa e efeito, onde as causas (X) de um determinado efeito (Y) são classificadas sob seis categorias, chamadas de 6M's, estas são: materiais, métodos, máquina, medidas, meio ambiente e mão de obra. A utilização das seis categorias serve como guia para a equipe do projeto chegar nas causas raízes do efeito levantado (WERKEMA, 2011).

2.3.4 Matriz Causa e Efeito

Para Carpinetti (2016) a matriz de causa e efeito (Quadro 1) é utilizada para relacionar e priorizar as variáveis do processo (X's) com os requisitos do cliente (Y's), tendo como objetivo evidenciar as variáveis do processo que estão associadas com a qualidade do produto. Ou seja, a matriz de causa e efeito visa identificar e priorizar as variáveis do processo que possuem maior impacto nas características relacionadas à qualidade.

Quadro 1 – Modelo de uma matriz de causa e efeito

	Matriz Causa e Efeito (Y)				Prioridade
	Critério 1	Critério 2	Critério 3	...	
Mapa de Variáveis (X's)	peso 1	peso 2	peso 3	...	
Fator 1					
Fator 2					
Fator 3					
Fator 4					
...					

Fonte: Adaptado de Carpinetti (2016).

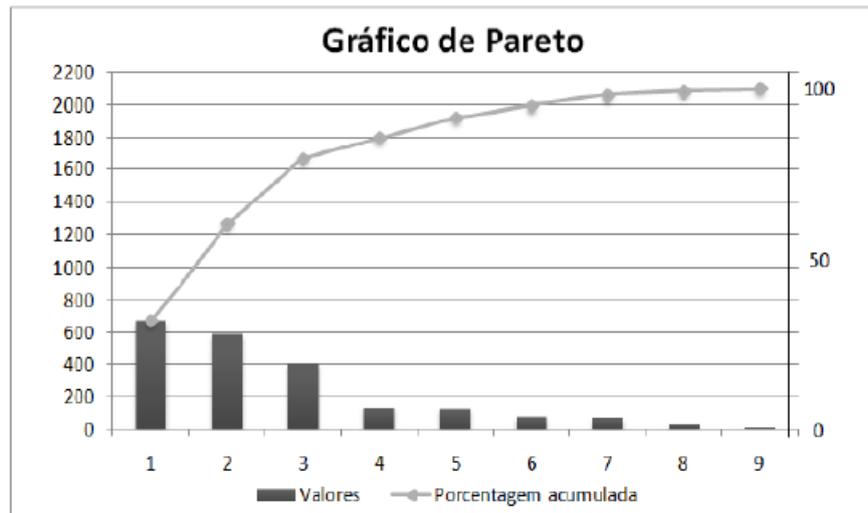
Conforme apresentado no Quadro 1, o relacionamento das variáveis de saída (Y) com as variáveis de entrada (X) consiste em analisar o grau de correlação das duas variáveis através da soma das notas dadas. Para esta avaliação é utilizada a seguinte escala: 0 = não há relação entre as variáveis; 1 = a variável de entrada afeta remotamente a variável de saída; 3 = a variável de entrada possui um efeito moderado sobre a variável de saída; e 9 = a variável de entrada influencia fortemente a variável de saída. Deve-se atribuir pesos às variáveis de saída de acordo com sua importância para o cliente (CARPINETTI, 2016).

Segundo Domenech (2017), a atribuição de notas para definir o relacionamento entre as variáveis deve ser realizada pela equipe do projeto e por pessoas conhecedoras do processo estudado. Além de atribuir notas, o time de projeto deve classificar as variáveis de entrada como Controladas (C) ou Não Controladas (NC), ou seja, definir se a variável em questão pode ser contida ou eliminada do processo.

2.3.5 Gráfico de Pareto

O Gráfico de Pareto (Gráfico 1) foi adaptado aos conceitos da qualidade por Juran, baseando-se na teoria desenvolvida pelo sociólogo e economista italiano Vilfredo Pareto, ao defender que a maioria das riquezas da população em Milão ficava concentrada na posse de uma quantidade reduzida de pessoas. Dessa forma, o Princípio de Pareto estabelece que 80% dos problemas são causados por 20% das fontes (TRIVELATTO, 2010). Carpinetti (2016) afirma que se forem levantadas as poucas causas vitais que acarretam os poucos problemas vitais, será possível eliminar praticamente todas as perdas através de um pequeno número de ações.

Gráfico 1 – Exemplo Gráfico de Pareto



Fonte: Trivelatto (2010).

Analisando Gráfico 1 é possível verificar que o Gráfico de Pareto permite identificar visualmente as causas prioritárias de um processo, sendo estas responsáveis por aproximadamente 80% dos problemas levantados.

Entende-se, então, que o Gráfico de Pareto é construído a partir de um gráfico de barras verticais, denominado Gráfico de Pareto, onde estão dispostas as diversas variáveis na ordem de prioridade com uma linha de percentual de ocorrência acumulada ao longo do eixo x. Este gráfico disponibiliza a informação de forma a ficar evidente e visual a ordem de importância com que se deve tratar as causas (CARPINETTI, 2016).

2.3.6 FMEA

O método de Análise do Modo e Efeito de Falha, conhecido como FMEA (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*), é uma ferramenta que visa evitar a ocorrência de falhas no produto ou processo por intermédio do levantamento das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria (AMARAL, 2009). O desenvolvimento da ferramenta FMEA possibilita a criação de possíveis ações de melhorias corretivas ou preventivas, identificação dos efeitos para cada modo de falha do processo ou produto e, levantamento das causas dos modos de falhas (CARPINETTI, 2016).

Os critérios utilizados para avaliar o índice de risco são: Severidade (S) que mede a gravidade caso aquela falha ocorra; Ocorrência (O) que é a frequência em que ocorre a falha; e Detecção (D) que mede a chance do controle existente detectar a falha caso esta ocorra. Cada critério é avaliado numa escala de 1 a 10, sendo 1 o melhor cenário e o 10, pior cenário. Para o

cálculo do RPN (número de prioridade de risco) é feita a multiplicação dos três critérios citados anteriormente (CARPINETTI, 2016).

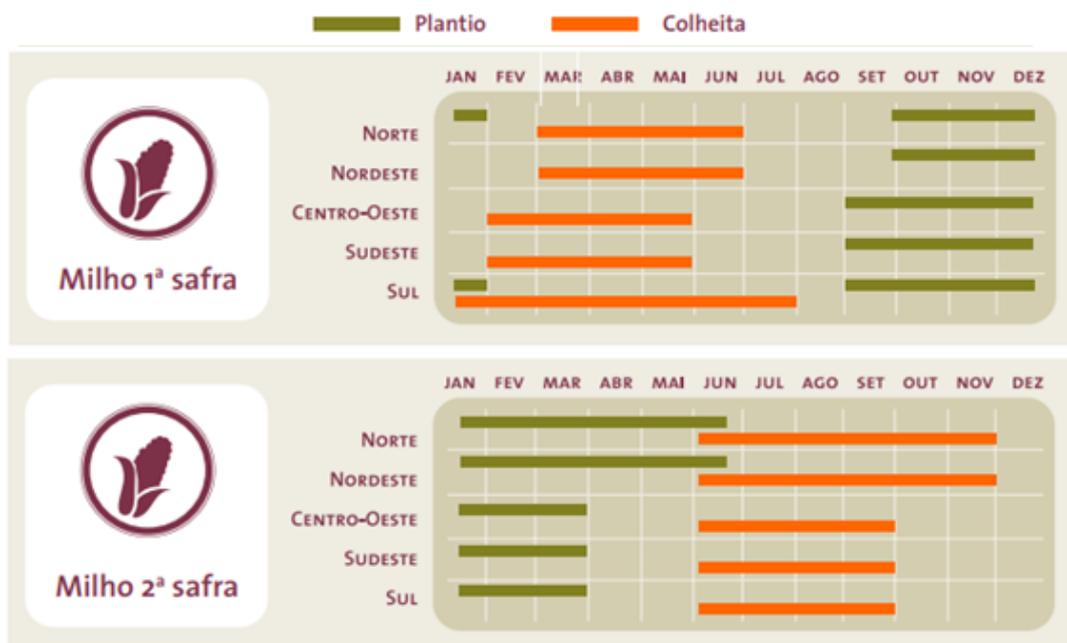
Segundo Domenech (2017), é essencial que a ferramenta seja executada em equipe e que haja uma alta dedicação de tempo para elaborá-la da maneira mais abrangente possível, uma vez que ela irá gerar ações para a redução das falhas no processo.

2.4 Produção agrícola brasileira

O milho é uma das culturas mais importantes mundialmente, seja do ponto de vista econômico como do social, por se tratar de uma *commoditie* com ampla utilização no mercado. Pode tanto ser empregado como alimento como para uso industrial e energético, no Brasil é destinado principalmente para a produção de rações para uso animal. No emprego como alimento, a cultura pode ser utilizada tanto na produção de alimentos básicos como em produtos mais elaborados. O etanol, produzido a partir do milho, também possui importância global sendo a principal fonte de bioenergia nos Estados Unidos (SOLOGUREN, 2015).

A produção brasileira de milho é caracterizada pelo plantio em duas épocas do ano, a primeira safra também conhecida como safra de verão e a segunda safra, chamada de safrinha (Figura 7).

Figura 7 - Calendário agrícola de plantio e colheita no Brasil



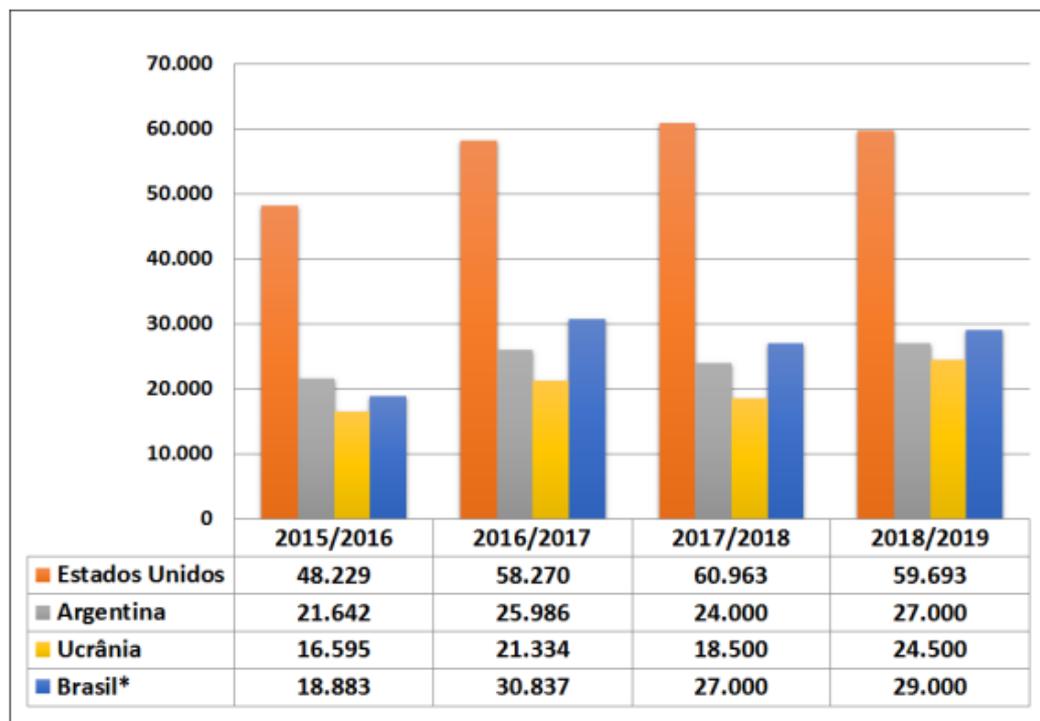
Fonte: Conab (2018).

O milho apresenta duas safras no Brasil e, em decorrência disso, pode-se observar plantio e colheita acontecendo simultaneamente em distintas regiões brasileiras (Figura 7). Segundo o boletim da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018), a cultura do milho está presente em todo o Brasil e os dois maiores estados produtores são o Mato Grosso e o Paraná.

A safra de verão ou primeira safra, é realizada em todos os estados durante o período chuvoso que acontece no final de agosto, para a região Sul, e se estende até os meses de outubro e novembro, no Sudeste e Centro-Oeste do país. A safrinha, refere-se ao milho plantado antecipadamente durante o período de janeiro a março, geralmente após a colheita da soja precoce, ocorre na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais (EMBRAPA, 2015).

Em relação ao mercado internacional, os Estados Unidos seguem liderando o mercado de exportações de milho com praticamente o dobro do que se estima para o Brasil, que aparece como o segundo principal exportador dessa cultura (Figura 8), de acordo com a análise mensal da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018).

Figura 8 – Principais países exportadores de milho (mil ton.)



Fonte: Conab (2018).

A Figura 8 apresenta o histórico de exportações dos principais exportadores de milho, observa-se que a Argentina e a Ucrânia se aproximam do Brasil em relação a quantidade

exportada, diferentemente dos Estados Unidos que realizam quase o dobro de exportações quando comparado a estes países.

2.4.1 Armazenagem

As unidades armazenadoras que recebem grãos a granel devem apresentar estruturas adequadas para atender todas as etapas do processo de recebimento de grãos, são elas recepção, limpeza, secagem, armazenagem e expedição. Atualmente, a forma mais comum de se armazenar grãos é por meio da utilização de silos metálicos, estruturas construídas para atender produções em larga escala. Este também é o método mais seguro de armazenamento, que permite um maior controle da qualidade devido a sistemas de injeção de ar (aeração) e medições de temperatura interna, também chamada de termometria (EMBRAPA, 2015).

De acordo com Rezende (2018), durante o período de armazenamento a massa de grãos tende a ter sua temperatura elevada naturalmente, devido ao processo respiratório dos grãos. As perdas ocorridas na fase de pós-colheita são altas e irrecuperáveis, se tratando do produto final, não é possível estimar as porcentagens pois dependem do nível tecnológico, forma de armazenamento, clima do local, e outras variáveis.

A temperatura e a umidade do ambiente de armazenamento são elementos determinantes para a ocorrência de insetos e fungos nos grãos, sendo estes causadores de perdas nos grãos. A maioria das espécies de insetos e fungos reduz sua atividade biológica em baixas temperaturas, enquanto que em temperaturas altas o desenvolvimento dessas pragas se torna acelerado. É possível concluir então, que a estabilidade da umidade e temperatura acarreta em um controle preventivo da ocorrência de pragas (SANTOS, 2018).

Outros princípios também podem ser adotados para a prevenção de perdas durante a armazenagem, tais como: estruturas tecnicamente adequadas, sistemas de limpeza dos silos, reduzir ao máximo o teor de impurezas, realizar corretamente a manipulação e movimentação dos grãos, armazenamento do milho com teor de umidade em torno de 13% (LORINI, 2015).

2.4.2 Resfriamento de Grãos

No processo de resfriamento, o ar frio e seco força sua passagem pela massa de grãos armazenados no silo, e após resfriado a temperatura baixa do grão tende a permanecer constante durante um longo período (SANTOS, 2018). Os principais benefícios do resfriamento artificial são: redução de custos com secagem, redução de perdas fisiológicas pela respiração do grão,

evita a perda da qualidade e, inibição do desenvolvimento de insetos e pragas (EMBRAPA, 2015).

Segundo Santos (2018), é possível atingir as temperaturas baixas, ideais para o armazenamento, através de máquinas próprias de resfriamento para silos e armazéns. São alocadas máquinas de resfriamento nas bases dos silos e conectadas por tubos de ventilação, onde é injetado o ar resfriado. O resfriamento ocorre de baixo para cima, empurrando o ar quente que está por baixo para fora e conservando os grãos, durante meses, na temperatura programa da máquina.

A influência do resfriamento sobre a perda de matéria seca e consequente perda de peso podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Influência do resfriamento na perda de matéria seca

Condições ambientais	Temperatura	Perda de matéria seca (%)
Temperatura ambiente alta	35 °C	0,54 (=5,4 ton.)
Temperatura ambiente baixa	25 °C	0,12 (=1,2 ton.)
Grãos resfriados	10 °C	0,02 (=0,2 ton.)

Fonte: Adaptado de Heinrich (1989).

Neste estudo, Heinrich (1989) utilizou 1.000 toneladas de milho, a 15% de umidade e período de 30 dias, para estudar a perda de matéria seca à diferentes temperaturas. Nota-se na Tabela 1 que, a uma temperatura elevada de 35 °C a perda de matéria seca é de 0,54% (aproximadamente 5,4 toneladas) e a uma temperatura baixa de 10 °C, a perda de matéria seca é de 0,02% (aproximadamente 0,2 toneladas). Comprovando que o resfriamento de grãos pode reduzir a perda de matéria seca em aproximadamente 80 a 90%, em um curto período (EMBRAPA, 2015).

3. Metodologia

Segundo Silva e Menezes (2005), em relação a natureza da pesquisa, a mesma é considerada aplicada cujo objetivo é gerar conhecimentos para a aplicação prática e voltada para a solução de problemas específicos. Quanto à abordagem, a pesquisa é quantitativa, pois traduz informações em números para classificá-los e analisá-los, utilizando-se de recursos e técnicas estatísticas.

Do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa é exploratória, ou seja, busca familiarizar o problema para a futura construção de hipóteses. Em relação ao ponto de vista dos

procedimentos técnicos, a pesquisa é caracterizada como um estudo de caso, ou seja, envolve um intenso estudo dos objetos de modo que se permita um conhecimento amplo e detalhado sobre ele (SILVA; MENEZES, 2005).

O presente trabalho foi realizado em uma cooperativa agroindustrial localizada na cidade de Maringá-PR, com faturamento anual de aproximadamente 4 bilhões de reais. Seu principal negócio é o recebimento e comercialização da produção agrícola dos cooperados, realizando o beneficiamento dos grãos durante o período de safra e posteriormente vendê-los, sendo esse processo responsável por cerca de 50% do faturamento total da cooperativa.

Neste contexto, o projeto foi realizado de janeiro a outubro de 2018 no departamento de Operações com Produto, responsável pela movimentação e armazenamento de grãos e pelos processos envolvidos no manuseio correto do produto. Desta forma, a formação da equipe do projeto e a coleta de dados ocorreu com o auxílio deste departamento. Os passos para a execução do trabalho seguem as etapas da metodologia DMAIC, conforme exposto no Quadro 2 a seguir:

Quadro 2 – Passos para a realização do trabalho

Etapa	Atividades
Definir	Caracterização do <i>Project Charter</i>
	Mapeamento macro do processo através do SIPOC
	Análise das possíveis causas da perda de umidade
	Priorização das causas encontradas
Medir	Levantamento dos dados históricos de umidade dos grãos armazenados
Analisar	Identificação das oportunidades de melhoria
	Aplicação da ferramenta FMEA
Implementar	Planejamento do piloto
Controlar	Elaboração de um plano de coleta de dados para controle e monitoramento

Fonte: Autoria própria (2018).

Conforme o apresentado no Quadro 2, o trabalho iniciou-se com a etapa definir, onde foi desenvolvido o escopo do projeto e feito a delimitação do problema pela elaboração do *Project Charter* (Apêndice A). Foram definidas as informações necessárias para iniciar o projeto, tais como, descrição do problema, escopo, objetivos e oportunidades, meta do projeto, vínculo com o planejamento estratégico da empresa, definição da equipe e cronograma macro.

Em seguida, o mapeamento macro do processo de recebimento de grãos na cooperativa foi elaborado através do mapa SIPOC, com o intuito de alinhar todo o processo com a equipe do projeto, buscando identificar os principais focos para ações de melhoria. Seguindo, foram levantadas as principais causas da perda de umidade nos grãos por meio da ferramenta

Diagrama de Causa e Efeito e realizou-se a análise das mesmas com a Matriz de Causa e Efeito. Foi realizada a priorização das causas por meio de um Gráfico de Pareto e definiu-se a etapa dentro do processo de recebimento de grãos em que o projeto atuaria.

Na etapa medir, levantaram-se os dados históricos do problema em questão e a atual situação do processo. Durante a etapa analisar, a equipe se reuniu para discutir as possíveis soluções para a perda de umidade durante o armazenamento, e definir a solução que seria implantada nesse processo. Após a escolha da solução, foi aplicada a ferramenta FMEA para levantar as possíveis falhas e riscos do novo processo, reuniu-se novamente a equipe para realizar um *brainstorming* das falhas e anotá-las na planilha.

Para a atribuição das notas, a equipe discutiu cada falha individualmente e chegou-se a um consenso para cada nota. Dessa forma, foi calculado o RPN (severidade x ocorrência x detecção) e com o Gráfico de Pareto, pôde-se observar os principais riscos relacionados ao novo processo. Foi elaborado um plano de ação para eliminar ou minimizar os principais riscos levantados.

Na etapa implementar foi realizado o planejamento do piloto com uma cartilha proposta na metodologia *Lean Seis Sigma*. O piloto foi realizado em uma unidade operacional da cooperativa, onde foram resfriadas 6 mil toneladas de milho armazenados em um silo metálico, durante o período de 6 dias.

Por fim, para a etapa controlar foi elaborado um plano de coleta de dados diário para futura comprovação das ações e do desempenho das melhorias propostas. A execução da etapa controlar não faz parte do escopo deste trabalho pois recomenda-se que, após a implantação das ações de melhoria, o processo seja observado e controlado pelo período de um ano para comprovação dos resultados obtidos.

4. Desenvolvimento

Este tópico foi estruturado seguindo as etapas da metodologia DMAIC, utilizada para a execução de um projeto *Lean Seis Sigma* na Cooperativa em questão.

4.1 Etapa Definir

Na primeira etapa da metodologia foi estruturado o *Project Charter* (Apêndice A), com o objetivo de definir e caracterizar o projeto em estudo. Este documento apresenta o caso de negócio, as oportunidades, o escopo, a meta, os recursos necessários e a equipe do projeto. Foi

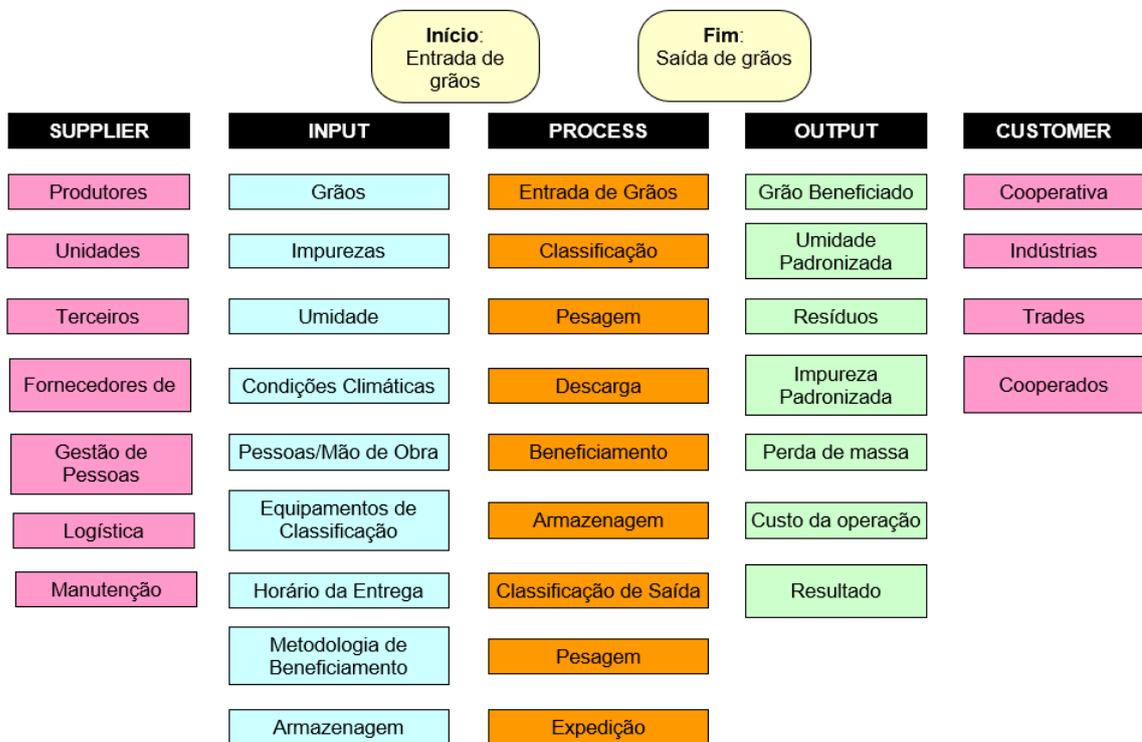
preenchido juntamente com o *Champion* e validado pelo mesmo, pois sumariza o compromisso da equipe com o projeto.

Ficou definido que o caso de negócio do projeto está vinculado ao planejamento estratégico da empresa nos seguintes objetivos: aumentar resultado, aumentar a eficiência das operações e, garantir segurança nas operações. A oportunidade observada foi a de reduzir as perdas por umidade no processo e controlar a umidade de embarque próxima a 14%, regulamentada pelo mercado.

Foi definido como escopo uma das unidades operacionais da cooperativa, baseando-se na localização e no destino das cargas embarcadas para venda. A equipe do projeto é composta por 5 pessoas, sendo 3 especialistas do processo de recebimento de grãos e 2 especialistas em projetos *Lean Seis Sigma*.

Em seguida, a equipe elaborou o mapa SIPOC (Figura 9) com o intuito de melhor visualizar o processo e suas etapas, assim como suas entradas e saídas. A partir desta ferramenta foi possível alinhar todos os membros da equipe quanto ao processo em que seria aplicado o projeto *Lean Seis Sigma*.

Figura 9 - Mapa SIPOC do processo recebimento de grãos



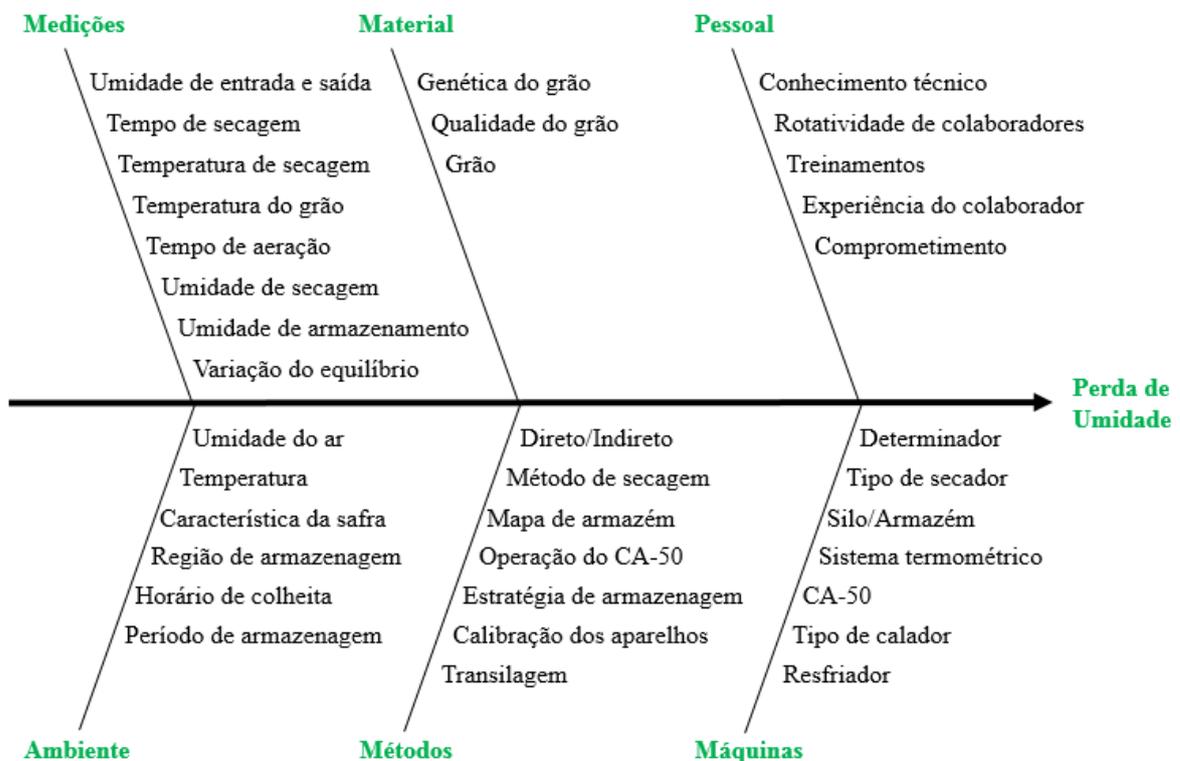
Fonte: Pesquisa de campo (2018).

Conforme observa-se na Figura 9, a equipe iniciou a construção do mapa SIPOC descrevendo o processo principal de recebimento, desde a entrada dos grãos na cooperativa até a expedição para o cliente, a partir disso foi vinculado as entradas e saídas desse processo para posteriormente adicionar os fornecedores e clientes. Tendo uma visão mais ampla do processo com o diagrama, a equipe começou a visualizar os focos onde aconteceriam os maiores ganhos para o projeto.

Apesar de o mapa SIPOC apresentar uma visão macro do processo, a equipe não viu a necessidade de realizar um mapeamento de processos mais detalhado, uma vez que o processo em questão já está bem difundido e faz parte da rotina dos membros da equipe.

Ainda nessa etapa, a equipe buscou identificar e analisar as principais causas que acarretam a perda de umidade durante o processo de recebimento de grãos por parte da cooperativa. Primeiramente foi aplicada a ferramenta Diagrama de Causa e Efeito (Figura 10), com o objetivo de levantar todas as causas possíveis para o efeito perdas de umidade no processo.

Figura 10 – Diagrama de causa e efeito para perda de umidade



Fonte: Pesquisa de campo (2018).

Analisando o Diagrama de causa e efeito (Figura 10), constata-se que para o problema de perda de umidade o critério material, ou seja, o grão em si cada qual com suas características,

não possui muita influência. Observa-se ainda que, os critérios medições, métodos e máquinas, são os que mais possuem variáveis que podem acarretar na perda da umidade nos grãos.

Após a realização do diagrama para perda de umidade (Figura 10) foram encontradas as variáveis para o efeito da perda como um todo. Diante desta constatação, foi desenvolvida a Matriz de Causa e Efeito (Tabela 2) para priorizar todas as variáveis (X's) encontradas nos diagramas.

Tabela 2 – Matriz causa e efeito para variáveis controladas

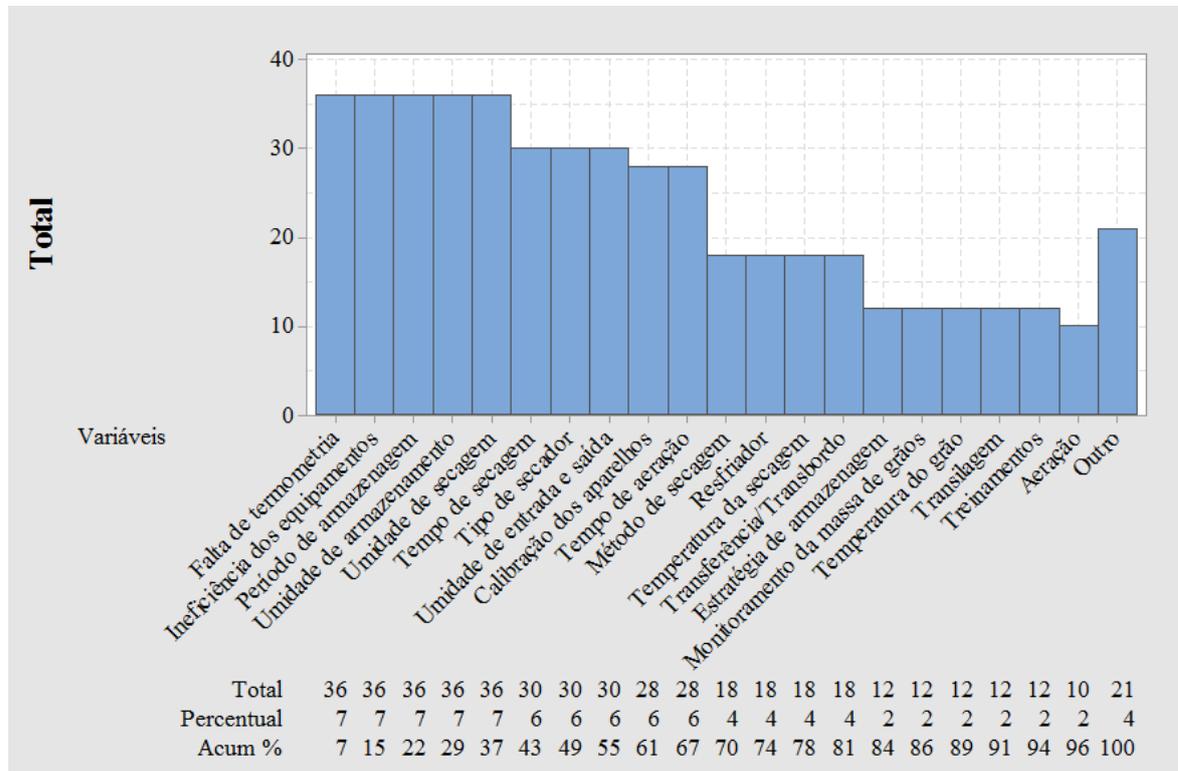
1) Mapa de Variáveis – Características do Processo (Xs)				2) Matriz Causa e Efeito - Y e pesos		Total
				3	1	
Causa	Xi	Tipo	Variável	Perda de Umidade	Perda de Massa Seca	
Medição	10	C	Umidade de secagem	9	9	36
Medição	11	C	Umidade de armazenamento	9	9	36
Método	37	C	Período de armazenagem	9	9	36
Medição	44	C	Falta de termometria	9	9	36
Máquina	50	C	Ineficiência dos equipamentos	9	9	36
Medição	1	C	Umidade de entrada e saída	9	3	30
Medição	2	C	Tempo de secagem	9	3	30
Máquina	41	C	Tipo de secador	9	3	30
Medição	5	C	Tempo de aeração	9	1	28
Método	38	C	Calibração dos aparelhos	9	1	28
Medição	3	C	Temperatura da secagem	3	9	18
Meio Ambiente	25	C	Transferência/Transbordo	3	9	18
Método	30	C	Método de secagem	3	9	18
Máquina	48	C	Resfriador	3	9	18
Medição	4	C	Temperatura do grão	1	9	12
Medição	7	C	Monitoramento da massa de grãos	3	3	12
Mão de Obra	18	C	Treinamentos	3	3	12
Método	33	C	Estratégia de armazenagem	3	3	12
Método	39	C	Transilagem	3	3	12
Método	34	C	Aeração	3	1	10
Método	32	C	Operação do CA-50	3	0	9
Máquina	47	C	Tipo de calador	3	0	9
Método	31	C	Mapa de armazém	1	0	3
Medição	8	C	Corte de resíduos	0	0	0
Método	35	C	Regulagem MPL	0	0	0
Método	36	C	Regulagem Sintel	0	0	0
Máquina	43	C	Máquina de limpeza	0	0	0
Máquina	45	C	Balança rodoviária	0	0	0
Máquina	46	C	CA-50	0	0	0

Fonte: Pesquisa de campo (2018).

Conforme a Tabela 2, a equipe atribuiu pesos a cada tipo de perda e avaliou cada variável, mediante as notas de correlação com tipo de efeito. Diante desta constatação, as variáveis foram divididas em Controladas (C) e Não Controladas (NC). As variáveis não controladas estão descritas no Apêndice B, enquanto as controladas (Tabela 3) foram abordadas

tendo em vista que estas poderiam ser revertidas para aplicação do plano de ação. Para priorização das causas controladas, foi realizado um Gráfico de Pareto (Gráfico 2) com as notas obtidas.

Gráfico 2 – Gráfico de Pareto para priorização das variáveis



Fonte: Pesquisa de campo (2018).

Observa-se no Gráfico 2 que são muitas as variáveis que possuem o mesmo grau de influência nas perdas, portanto não seria possível atuar em todas elas. Dessa forma, a equipe resolveu estudar as 5 primeiras causas: falta de termometria, ineficiência dos equipamentos, período de armazenamento, umidade de armazenamento e umidade de secagem.

Para a falta de termometria, a opção encontrada foi controlar a manutenção do equipamento, o mesmo acontece para a causa de ineficiência dos equipamentos. O período de armazenamento também não pode ser alterado pois depende das demandas do mercado, assim como a umidade de secagem, uma vez que a cooperativa não controla o produto antes de chegar na unidade.

Portanto, definiu-se, assim, que a causa a ser estudada nas próximas etapas do projeto seria a umidade dos grãos, com foco para as características durante a armazenagem. Finalizando a etapa definir, a equipe do projeto realizou a validação da etapa com o *Champion* e dono do

processo, apresentando as ferramentas realizadas e os direcionamentos para a próxima etapa da metodologia.

4.2 Etapa Medir

Após a caracterização do projeto na etapa definir, foi realizado o levantamento dos dados históricos da umidade de embarque da unidade operacional escolhida. Neste cenário, a média da umidade de embarque de milho, nos anos de 2016 e 2017, foi de 13,46% e 13,09%, respectivamente. Nota-se que houve uma diferença nas médias de embarque entre os anos de 2016 e 2017, em relação à média de embarque do ano de 2017, a cooperativa embarcou grãos de milho com 1% de umidade abaixo do regulamentado pelo mercado.

Por sua vez, a meta do projeto foi definida pelo *Sponsor*, visando manter a média de umidade de embarque a mais próxima possível da umidade regulamentada pelo mercado, (14%). A partir disso, a meta a ser alcançada consiste em manter os valores de umidade de embarque em 13,9%, com limite inferior de 13,8% e limite superior de 14,0%. Ressalta-se, porém, que a meta foi definida sem base em estudos estatísticos, visando apenas a maximização dos lucros da organização.

4.3 Etapa Analisar

Iniciou-se a etapa analisar fazendo um levantamento das possíveis soluções para a perda de umidade durante o armazenamento de grãos na cooperativa. Através de um *brainstorming* realizado por uma equipe multidisciplinar juntamente com a equipe do projeto, foram levantadas várias ideias para reverter o cenário de perda de umidade no decorrer do tempo. A solução mais viável encontrada durante o *brainstorming*, foi a do processo de resfriamento artificial de grãos, que consiste no resfriamento total do silo onde os grãos de milho são armazenados. O resfriamento artificial de grãos ainda é uma tecnologia recente no país e para minimizar os riscos relacionados ao novo processo, foi aplicada a ferramenta FMEA para o processo de resfriamento de grãos, o qual será o novo processo da etapa implementar.

Na elaboração da FMEA a equipe levantou 138 modos de falhas, considerando efeitos e causas diferentes para o mesmo modo de falha. A Tabela 3 mostra os principais modos de falha encontrados, ou seja, os que apresentaram o maior número de prioridade de risco (RPN) após a disposição das notas.

Tabela 3 – FMEA dos principais riscos para o processo de resfriamento

Nível	Modo de Falha	Efeito Potencial	S	Causa	O	Controle ou Ação Existente	D	RPN
Operacional	Falta de controle na coleta de dados	Comprometimento dos indicadores	9	Falta da coleta de dados	10	Planejamento das ações	7	630
Operacional	Baixa qualidade no produto armazenado	Comprometer a apresentação dos resultados	8	Característica da safra	8	Classificação de entrada	8	512
Operacional	Erro na classificação de entrada do produto	Comprometimento dos indicadores	8	Falha na calagem	9	Monitoramento através do mapa de armazenagem	7	504
Operacional	Erro na classificação de entrada do produto	Impacto no resultado	8	Falha na calagem	9	Monitoramento através do mapa de armazenagem	7	504
Operacional	Umidade elevada no silo	Possibilidade de perda de qualidade do produto	9	Falta de planejamento	8	Planejamento das ações	7	504
Operacional	Baixa qualidade no produto armazenado	Comprometer a apresentação dos resultados	8	Limpeza inadequada das máquinas	8	Planejamento das ações	7	448
Operacional	Qualidade atípica da safra	Inviabilizar o projeto para uma próxima geração	8	Condições climáticas	7	Classificação de entrada	8	448
Operacional	Erro na classificação de entrada do produto	Comprometimento dos indicadores	8	Falha humana	8	Monitoramento através do mapa de armazenagem	7	448
Operacional	Erro na classificação de entrada do produto	Comprometimento dos indicadores	8	Má fé	8	Monitoramento através do mapa de armazenagem	7	448
Operacional	Erro na classificação de entrada do produto	Impacto no resultado	8	Falha humana	8	Monitoramento através do mapa de armazenagem	7	448
Operacional	Erro na classificação de entrada do produto	Impacto no resultado	8	Má fé	8	Monitoramento através do mapa de armazenagem	7	448
Operacional	Umidade elevada no silo	Possibilidade de perda de qualidade do produto	8	Resfriamento	8	Monitoramento através do mapa de armazenagem	7	448
Operacional	Falta de controle na secagem	Comprometimento dos indicadores	9	Falta de comprometimento do supervisor	7	Visitas semanais	7	441
Gerencial	Venda comercial antes do esperado	Inviabilizar o projeto	10	Falta de comunicação com o comercial	10	Planejamento das ações	4	400
Gerencial	Venda comercial antes do esperado	Inviabilizar o projeto	10	Condição comercial	10	Planejamento das ações	4	400

Fonte: Pesquisa de campo (2018).

A partir da Tabela 3 observa-se que para cada modo de falha levantado, foi proposto uma ação de controle ou ação para eliminar ou minimizar as falhas. Levantadas as prováveis falhas do processo de resfriamento artificial e com um plano de ação para reverter estas falhas, deu-se andamento para a implantação do novo processo.

4.4 Etapa Implementar

A etapa implementar teve início com o planejamento do piloto realizado pela equipe do projeto e pelos principais *stakeholders* do processo, tomando o devido cuidado para não deixar nenhuma etapa de lado. O planejamento foi feito seguindo a cartilha de implementação de pilotos (Figura 11) da metodologia *Lean Seis Sigma*.

Figura 11 – Cartilha Planejamento do Piloto

Informação	Explicação	Descrição
1. Resumo	Descrição geral dos objetivos do piloto e sua relação com os objetivos do projeto.	Resfriar artificialmente um silo de milho na unidade operacional através de um equipamento de resfriamento, com o intuito de comparar a umidade dos grãos e o desenvolvimento de pragas, com um silo testemunha onde ocorre o processo usual.
2. Hipóteses	O que exatamente está sendo testado e quais as perguntas que o experimento responderá?	Será testado se o resfriamento artificial ajuda a manter a umidade dos grãos, não permitindo que essa umidade seja perdida para o meio. Hipótese 1: O resfriamento não deixa o grão perder umidade.
3. Amostragem	Quais são as variáveis analisadas nas amostras?	- Temperatura dos grãos (semanalmente) - Umidade dos grãos (quinzenalmente)
4. Resultados do piloto	Especificar a fonte dos dados para posterior validação.	- Mapas de armazenagem - Planilha Coleta de Dados
5. Duração	O período de tempo para realizar o piloto.	Agosto/18 a Janeiro/19 (6 meses)
6. Plano de execução	Descrever como o piloto será realizado.	Durante o resfriamento do silo, serão levantados os dados de armazenagem através do Plano de Coleta de Dados elaborado pela equipe. Essa coleta de dados acontecerá semanalmente, para os dois silos estudados, e serão feitas análises para verificar a eficiência do resfriamento artificial.
8. Determinação do risco	Uma mudança no processo envolve algum nível de risco.	Existe a possibilidade de o resfriamento não surtir efeito e acabar comprometendo a qualidade dos grãos. Assim como o consumo de energia pode ser muito alto e acabar inviabilizando a continuação do projeto.

Fonte: Pesquisa de campo (2018).

A Figura 11 apresenta a abordagem das principais questões relacionadas ao piloto do resfriamento artificial, e serve como direcionamento para a equipe do projeto. Primeiramente foi realizada a aquisição da máquina de resfriamento e definiu-se uma unidade operacional da cooperativa para a realização do piloto. Foram disponibilizados dois silos metálicos, com capacidade de estocagem de 6 mil toneladas cada, para serem alvos de estudo deste projeto. Para que as condições de armazenamento fossem as mesmas, foram armazenadas quantidades semelhantes nos dois silos, aproximadamente 5 mil toneladas de milho em cada, pesadas inicialmente.

No silo 1, também chamado de silo resfriado, foi realizado o resfriamento de grãos pela máquina adquirida, levando cerca de 6 dias para chegar a uma temperatura de aproximadamente 15 °C. E no silo 2, chamado de silo testemunha, foi realizado o processo usual de armazenamento de grãos na cooperativa, utilizando aeração. Este último permanece a uma temperatura ambiente de aproximadamente 26 °C, variando com o clima da região. O silo testemunha serve de base para comparação entre os dois silos e auxiliar na validação dos ganhos ocasionados pelo resfriamento.

Para que sejam realizadas as medições necessárias nos dois silos, estes permanecerão com o produto armazenado durante o período de seis meses, de Agosto/18 a Outubro/18. Ou seja, durante este período não haverá entrada e nem saída de produtos em ambos os silos. Com o intuito de medir e validar futuramente os ganhos obtidos pelo processo de resfriamento de grãos, foi elaborado um plano de coleta de dados para controle e monitoramento de variáveis que afetam diretamente a perda de umidade durante o armazenamento de milho.

4.5 Etapa Controlar

Nesta etapa foi desenvolvido e proposto um Plano de Coleta de Dados para o acompanhamento das ações e do desempenho do novo processo de resfriamento artificial. O plano foi construído baseado nas variáveis que interferem diretamente na perda de umidade, são elas: umidade de entrada, umidade de saída, umidade de armazenamento e temperatura do silo.

O Plano de Coleta de Dados deverá ser aplicado para os dois silos em estudo, o resfriado e o testemunha, com a finalidade de comparar os dois ao final dos 6 meses de armazenamento. O responsável pela coleta de dados e acompanhamento do plano será a equipe do projeto, que também deverá realizar análises de comparação entre os dois silos por meio de Gráficos de Controle (CEP). A figura 12 mostra o Plano de Coleta de Dados proposto.

Figura 12 – Plano de coleta de dados

Nº	Variável	Fonte dos dados	Frequência	Prazo	Coleta
1	Umidade de entrada dos grãos	Relatório de controle de embarque	Por carga	-	
2	Umidade de saída dos grãos	Relatório de controle de embarque	Por carga	-	
3	Umidade de armazenamento	Mapa de armazenagem	Semanal	6 meses	
4	Temperatura interna do silo	<i>Software airmaster</i>	Diário	6 meses	
5	Peso de entrada	Balança de fluxo	Por carga	-	
6	Peso de saída	Balança de fluxo	Por carga	-	
7	Consumo de energia	Medidor	15 dias	6 meses	
8	Tempo de resfriamento	Sistema da máquina de resfriamento	Semanal	6 meses	
9	Tempo de aeração	<i>Software airmaster</i>	Semanal	6 meses	

Fonte: Autoria própria (2018).

Foram levantadas 9 variáveis que deverão ser acompanhadas conforme a frequência mostrada na Figura 12. Todas as variáveis conseguem ser obtidas no próprio sistema da cooperativa que é alimentado via sensores, a equipe se preocupou em buscar fontes confiáveis e de fácil acesso para que o processo de coleta não se perca durante esse tempo. A duração da coleta de dados foi baseada no tempo em que o produto permanecerá armazenado nos dois silos, e terminará quando ocorrer a venda total do mesmo.

A execução da etapa controlar não faz parte do escopo deste trabalho, pois recomenda-se ao menos o período de um ano para levantamento de dados do novo processo e comprovação dos resultados obtidos. A utilização do Plano de Coleta de Dados e as análises que serão feitas a partir dele, servirão de base para as futuras comprovações das melhorias executadas.

5. Conclusão

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a perda de umidade no milho durante o armazenamento em uma cooperativa agroindustrial por meio da metodologia DMAIC. Para isso, foi utilizada a metodologia de projetos *Lean Seis Sigma* seguindo as etapas do ciclo DMAIC, onde foram utilizadas ferramentas da qualidade no auxílio do planejamento e implementação das ações de melhoria.

As principais causas que levam a perda de umidade nos grãos foram identificadas com a utilização do Diagrama de causa e efeito, no qual só foi possível com uma equipe multidisciplinar de pessoas especializadas no processo de grãos e na metodologia *Lean Seis Sigma*. Para a análise das causas, foi necessário realizar a priorização da Matriz de causa e

efeito e do Gráfico de Pareto. Realizando um *brainstorming* com a equipe, foram abordadas soluções para o problema e chegou-se ao novo processo de resfriamento artificial de grãos.

A utilização da ferramenta FMEA foi essencial para o levantamento dos principais riscos envolvidos no novo processo de resfriamento de grãos e possibilitou a elaboração de um plano de ação e controle para os riscos priorizados. Para que a melhoria executada seja comprovada futuramente, elaborou-se um Plano de Coleta de Dados a fim de acompanhar e monitorar o processo durante o período de 6 meses e ao final, comparar os resultados obtidos.

O estudo mostrou a importância do cuidado com os produtos recebidos na cooperativa, visto que a empresa deve agregar valor a esses produtos e então retornar os ganhos para seu maior cliente, o cooperado. Através do estudo detalhado da perda de umidade, foi possível identificar as principais causas e fornecer melhorias para contornar esta situação.

Como limitações, o trabalho apresentou certa dificuldade ao aplicar a etapa Controlar da metodologia DMAIC, isso se deve pelo tempo de execução desta. O período de um ano para monitoramento e comprovação dos resultados dificulta a validação da solução proposta por parte da cooperativa, uma vez que ela espera resultados a curto prazo.

Por fim, para futuros trabalhos sugere-se que o resfriamento artificial seja testado em outras *commodities*, como por exemplo na soja e no trigo, com o intuito de avaliar os possíveis ganhos para cada produto. Além disso, é válido estudar o resfriamento artificial de trigo como forma de reduzir o índice de infestação de insetos durante o armazenamento, uma vez que esse é um problema comum enfrentado pelas cooperativas.

Referências

- AMARAL, D. **FMEA: Análise do tipo e efeito de falha**. 2009. Disponível em: <<http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2018.
- ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 203-219, 2007.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: Conceitos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- CLETO, M. G. QUINTEIRO, L. Gestão de Projetos através do DMAIC: Um estudo de caso na indústria automotiva. **Revista Produção Online**, v. 11, n. 1, 2011.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento safra brasileira grãos**, v. 11, Safra 2017/18 - Décimo primeiro levantamento, Brasília, p. 1-148, agosto 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 24 set. 2018.

DOMENECH, C. H. **Formação de Green Belts: A estratégia Lean Seis Sigma de melhoria contínua.** MI Domenech Consultoria, São Paulo: 2017.

ECKES, G. **Six sigma for everyone.** New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Milho e Sorgo.** Brasília: Sistemas de Produção, 2015. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 24 set. 2018.

GEORGE, M. L. **Lean Six Sigma for Service: How to use Lean Speed & Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions.** New York: McGrall-Hill, 2003.

HEINRICH, B. Grain preservation by means of refrigeration in tropical countries. **Sulzer Technical Review**, Bonn, n. 4, 1989.

LEITE, H. C. R. **Ferramentas da qualidade: um estudo de caso em empresa do ramo têxtil.** 2013. 53 f. Monografia (Graduação em Administração) – Faculdade Cenecista de Capivari, Capivari, 2013.

LORINI, I. Perdas anuais em grãos armazenados chegam a 10% da produção nacional. **Revista Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 13, ano 9, dez. 2015.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Estatísticas e Dados Básicos de Economia Agrícola - Março 2014.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/agroestatisticas/estatisticas-e-dados-basicos-de-economia-agricola/estatisticas-e-dados-basicos-de-economia-agricola-marco-2014.pdf/view>>. Acesso em: 08 ago. 2018.

MAXIMIANO, A. **Introdução à administração.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control.** 6th Edition. John Wiley & Sons, Inc, 2008.

PAULA, E. D. Ferramentas Lean Seis Sigma: Como melhorar seu Project Charter imediatamente. **Excelência Integrada**, Jacaréí, out. 2017. Disponível em: <<https://www.eintegrada.com.br/blog/como-melhorar-seu-project-charter-imediatamente/42>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

REZENDE, A. C. D. Boas práticas de armazenamento, análise de perigos e pontos críticos de controle. **Armazenagem de grãos.** Ed. Lorini, I.; Mike, L. H.; Scussel, V. M.; Faroni, R. D. F. Jundiaí: IBG, 2018.

SANTOS, A. B. **Modelo de Referência para estruturar o programa de qualidade Seis Sigma: Proposta e Avaliação.** 2006. 312f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia de Produção, UFSCAR, São Carlos, 2006.

SANTOS, J. P. Métodos preventivos de controle de insetos-pragas de grãos armazenados. **Armazenagem de grãos.** Ed. Lorini, I.; Mike, L. H.; Scussel, V. M.; Faroni, R. D. F. Jundiaí: IBG, 2018.

SILVA, E. L. D.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** 4 ed. Florianópolis, 2005.

SOLOGUREN, L. Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. **Revista Visão Agrícola**, São Paulo, n. 13, p. 8-11, jul. 2015.

TRIVELLATO, A. A. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua: estudo de caso numa empresa de auto-peças.** 2010. 73 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2010.

UNCTAD - UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. **State of Commodity Dependence 2016.** Geneva: fev. 2017. Disponível em: <<http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/suc2017d2.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2018.

WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma: Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

WERKEMA, C. **Criando a cultura Lean Seis Sigma**. 2 ed. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A: *PROJECT CHARTER*

Projeto Lean Six Sigma: Gestão do Equilíbrio Higroscópico			
Produto/ Serviço	Gestão do Equilíbrio Higroscópico	Retorno projeto (US\$/ano)	xxxxx
Belt líder:	DR	Departamento/Setor	Dep. Operações com Produto (DOP)
Patrocinador:	OL	Dono do processo	MK
Champion:	MK	Data inicial	22/01/2018
MBB:	CD	Data final	01/04/2019

Informação	Explicação	Descrição	
1. Caso de negócio	Ligação do projeto com a estratégia da empresa	O Projeto está vinculado com o Planejamento Estratégico nos objetivos de "Aumentar o Resultado", "Aumentar a Eficiência das Operações" e "Garantir Segurança nas Operações"	
2. Oportunidades	Quais são as oportunidades do projeto?	Na última safra notou-se a oportunidade de aumentar o resultado operacional de algumas unidades armazenadoras, pelo fato da umidade de embarque dos produtos estar abaixo dos 14%, regulamentado pelo mercado. A cada 0,5% de aumento do resultado representa R\$5.000.000 (para cada milhão de toneladas recebidas).	
3. Meta Atualizada	Qual é a meta do projeto?	A meta é aumentar de 0,09% para 1,00% de resultado sobre o volume total recebido na unidade de Assaí no recebimento de soja, mantendo os valores de umidade de embarque entre 13,8% e 14,0%. Para o milho a meta é aumentar o resultado de 2,08% para 3,0% na unidade de Assaí, mantendo os valores de umidade de embarque entre 13,8% e 14%.	
Data da última atualização: 06/06/2018		Meta	13,90%
		USL / LSE	13,80%
		LSL / LIE	14,00%
4. Escopo do projeto	Processos que serão afetados pelo projeto. Começo e fim do processo fundamental	O escopo definido é a unidade de Assaí e Santa Cecília do Pavão, para que sejam realizadas todas as melhorias e testes para que a umidade de embarque e a conservação na armazenagem alcancem o máximo resultado esperado.	
5. Membros da equipe	Nome, área e dedicação dos participantes da equipe	DR (Líder) - BB - 40% AM - GB - 20% JL - BB - 20% CP - BB - 20% Lívia Gomiero - GB - 60% MP - BB - 30%	
5.1. Especialistas	Nome e área dos especialistas que auxiliarão no projeto	LP FC	
6. Agenda	Etapas do DMAIC	Início planejado	Início real
	Definir	22/01/2018	22/01/2018
	Medir	09/02/2018	21/02/2018
	Analisar	15/03/2018	05/06/2018
	Melhorar	15/06/2018	
	Controlar	15/11/2018	
	Benefícios (rastrear por 12 meses)	01/04/2019	
7. Recursos requeridos	Há alguma habilidade, equipamento, sistema, etc. que seja necessário?	Viagens; Visitas e benchmarking; Investimentos para testes em laboratório.	

APÊNDICE B: MATRIZ DE CAUSA E EFEITO – VARIÁVEIS NÃO CONTROLADAS (NC)

3) Mapa de Variáveis – Características do Processo (Xs)				4) Matriz Causa e Efeito - Y e pesos		Total
				3	1	
Causa	Xi	Tipo	Variável	Perda de Umidade	Perda de Massa Seca	
Medição	6	NC	Peso de entrada e saída	9	9	36
Materiais	15	NC	Grão	9	9	36
Mão de Obra	16	NC	Conhecimento técnico do supervisor	9	9	36
Mão de Obra	17	NC	Rotatividade de colaboradores	9	9	36
Mão de Obra	19	NC	Experiência do colaborador	9	9	36
Mão de Obra	20	NC	Comprometimento do colaborador	9	9	36
Meio Ambiente	22	NC	Temperatura	9	9	36
Meio Ambiente	23	NC	Característica da safra	9	9	36
Meio Ambiente	26	NC	Região de armazenagem	9	9	36
Máquina	42	NC	Silo/Armazém	9	9	36
Medição	12	NC	Variação do equilíbrio do grão	9	3	30
Meio Ambiente	21	NC	Umidade relativa do ar	9	3	30
Meio Ambiente	24	NC	Equilíbrio Higroscópico	9	3	30
Método	29	NC	Direto/Indireto	9	0	27
Máquina	40	NC	Determinador	9	0	27
Materiais	14	NC	Qualidade do grão	3	9	18
Materiais	13	NC	Genética do grão	1	9	12
Meio Ambiente	27	NC	Horário de colheita	3	1	10
Medição	9	NC	Quebra técnica	0	9	9